

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-124398

(43)Date of publication of application : 28.04.2000

(51)Int.Cl.

H01L 25/07
H01L 25/18
H01L 23/48

(21)Application number : 10-295495

(71)Applicant : MITSUBISHI ELECTRIC CORP

(22)Date of filing : 16.10.1998

(72)Inventor : KIKUNAGA TOSHIYUKI

MUTO HIROTAKA

OI TAKESHI

KINOUCHI SHINICHI

USUI OSAMU

HORIGUCHI GOJI

KIKUCHI TAKUMI

KAMIGAI YASUMI

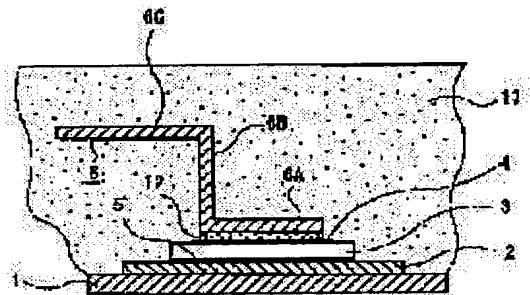
TAKAHASHI MITSUGI

(54) POWER SEMICONDUCTOR MODULE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a power semiconductor module which prevents the exfoliation of a bonding face due to the difference in thermal expansion between a wiring member and a power semiconductor chip.

SOLUTION: In this power semiconductor module, a power semiconductor chip 3 which is placed on an insulating board is provided. In addition, an electrode opposite part 6A which is formed of a flat sheet metal and which is faced with the electrode part of the power semiconductor chip 3 is provided. In addition, a rise part 6B which is bent from the electrode opposite part 6A so as to be extended is provided. Moreover, a wiring member which comprises a derivation part which is continued to the rise part 6B is provided. The electrode part of the power semiconductor chip 3 and the electrode opposite part 6A in the wiring member are connected by a conductive resin 12.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2000-124398
(P2000-124398A)

(43) 公開日 平成12年4月28日 (2000. 4. 28)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード* (参考)
H 0 1 L 25/07		H 0 1 L 25/04	C
25/18		23/48	G
23/48			

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平10-295495

(22) 出願日 平成10年10月16日 (1998. 10. 16)

(71) 出願人 000006013

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(72) 発明者 菊永 敏之

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内

(72) 発明者 武藤 浩隆

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内

(74) 代理人 100102439

弁理士 宮田 金雄 (外2名)

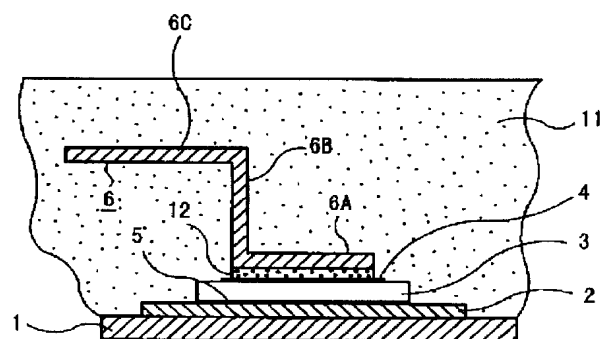
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 パワー半導体モジュール

(57) 【要約】

【課題】 配線部材とパワー半導体チップとの熱膨張差にもとづく接合面の剥離を防止する。

【解決手段】 絶縁基板上に装着されたパワー半導体チップ及び平板金属によって形成され、上記パワー半導体チップの電極部と対向する電極対向部と、この電極対向部から折曲されて延在する立ち上げ部と、この立ち上げ部に連なる導出部とを有する配線部材を備えたパワー半導体モジュールにおいて、上記パワー半導体チップの電極部と、上記配線部材の電極対向部とを導電性樹脂によって接続する。



1: 放熱用ベース板
2: 絶縁基板
3: パワー半導体チップ
4: エミッタ電極
5: コレクタ電極
6: エミッタ側ブスバー

6A: 電極対向部
6B: 立ち上げ部
6C: 導出部
11: シリコンゲル
12: 導電性樹脂

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 絶縁基板上に装着されたパワー半導体チップ及び金属平板によって形成され、上記パワー半導体チップの電極部と対向する電極対向部と、この電極対向部から折曲されて延在する立ち上げ部と、この立ち上げ部に連なる導出部とを有する配線部材を備えたパワー半導体モジュールにおいて、上記パワー半導体チップの電極部と、上記配線部材の電極対向部とを導電性樹脂によって接合するようにしたことを特徴とするパワー半導体モジュール。

【請求項 2】 配線部材は、電極対向部と、立ち上げ部と、導出部とによってほぼコ字状をなすように折曲されていることを特徴とする請求項 1 記載のパワー半導体モジュール。

【請求項 3】 配線部材は、電極対向部と立ち上げ部とのなす角が鈍角となるように折曲されていることを特徴とする請求項 1 または請求項 2 記載のパワー半導体モジュール。

【請求項 4】 配線部材は、立ち上げ部または導出部に、応力緩和部を形成するようにしたことを特徴とする請求項 1 または請求項 2 記載のパワー半導体モジュール。

【請求項 5】 応力緩和部は、配線部材の一部を波状に折曲して形成するようにしたことを特徴とする請求項 4 記載のパワー半導体モジュール。

【請求項 6】 配線部材は、パワー半導体チップの電極部近傍において複数の金属平板を重ねて構成されると共に、重合された金属平板の少なくとも 2 枚は電極対向部と立ち上げ部とを有し、それぞれの立ち上げ部を互いに重合して固定するようにしたことを特徴とする請求項 1 及び請求項 3 並びに請求項 4 のいずれか一項記載のパワー半導体モジュール。

【請求項 7】 配線部材は、電極対向部に、その端部から折曲部に至る切り込みを所定間隔で複数個設けると共に、上記切り込みによって形成された複数の短冊状電極対向部が互い違いに逆方向に延在するように折曲されていることを特徴とする請求項 1 及び請求項 3 並びに請求項 4 のいずれか一項記載のパワー半導体モジュール。

【請求項 8】 配線部材の電極対向部をパワー半導体チップの電極部に押圧する押圧手段を備えたことを特徴とする請求項 1 ～請求項 7 のいずれか一項記載のパワー半導体モジュール。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、モータ等の電気機器の駆動電流を制御する電力変換装置に用いられるパワー半導体モジュール、さらに詳しくは、パワー半導体モジュールにおけるパワー半導体チップとパワー半導体モジュールの外面に露出している外部接続端子との間の電気的接続部に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来のパワー半導体モジュールの一例として、汎用の IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) モジュールの主要部の概略構造の断面図を図 15 に示す。この図において、1 はアルミニウム (Al) や銅 (Cu) などからなる放熱用ベース板、2 は両面に Cu 等の金属薄板 (図示せず) が接着されたアルミナ、窒化アルミニウム (AlN) 等のセラミックスからなる絶縁基板で、放熱用ベース板 1 の上面に、金属の薄板部分をはんだ付することにより固定されている。3 は絶縁基板 2 上に設けられたパワー半導体チップ (ここでは、代表的に IGBT を取り上げ、以下 IGBT と云う)、4 は IGBT の上面に形成されたエミッタ電極、5 は同じく IGBT の下面に形成されたコレクタ電極で、絶縁基板 2 上の金属薄板に、はんだ付等により電気的に接続されている。

【0003】6、7 はそれぞれパワー半導体モジュールのエミッタ電極 4 及びコレクタ電極 5 の外部接続端子となるエミッタ側ブスバーとコレクタ側ブスバー、8 A 及び 8 B はそれぞれ放熱用ベース板 1 上に、絶縁基板 2 と隔離して設けられた中継基板で、各中継基板の両面には図示しない金属薄板が接着され、裏面の金属薄板が放熱用ベース板 1 にはんだ付されて固定され、表面の金属薄板にはエミッタ側ブスバー 6 またはコレクタ側ブスバー 7 がはんだ付により固定され、電気的接続も行われている。9 A は IGBT 3 のエミッタ電極 4 とエミッタ側ブスバー 6 とを接続する Al のワイヤボンド、9 B は同じく IGBT 3 のコレクタ電極 5 とコレクタ側ブスバー 7 とを接続する Al のワイヤボンド、10 は絶縁基板 2、IGBT 3、中継基板 8 A、8 B、ワイヤボンド 9 A、9 B、エミッタ側及びコレクタ側ブスバー 6、7 の一部を収容し、パワー半導体モジュールを構成するケース、11 はパワー半導体モジュール内に注入されたシリコンゲルである。また、図示していないが、上述したワイヤボンドに代えて IGBT の電極と外部接続端子とを接続する接続導体を、IGBT の電極に圧接する構造の素子もあり、特に大容量用に採用されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】上述のように、IGBT の電極と外部接続端子とをワイヤボンドによって接続する場合、定格 5 A 以下の小容量のモジュールならば、運転時の発熱量が小さいため、ワイヤボンド接続部に、発熱による悪影響はあまり現れない。しかし、それ以上の大容量モジュールになると、運転時の発熱量が大きく、温度変化の繰り返しが激しいため、IGBT と Al のワイヤボンドとの熱膨張差により生ずる熱ストレスにより接合面の剥離が生じやすく、長期的信頼性に問題があった。

【0005】ここで言うところの熱ストレスは、IC 等の通常の半導体分野におけるものとはストレスモードが大きく異なる。即ち、通常の半導体チップでは、チップ自体の発熱量は小さく、主に加わる熱ストレスは、アセン

ブリ工程におけるはんだリフローや信頼性評価試験時におけるヒートショックサイクルといった外的な要因によるものであるが、パワー半導体モジュールにおいては、モータ等の駆動電流のON、OFFを繰り返すために、ON時（大電流通電時）およびOFF時のIGBT自身の損失により、大きな発熱を生じる。特にIGBTとCu、Al等よりなる主回路配線との接合部の間では、IGBTの線膨張係数が3～4 ppm / °Cであるのに対し、Alワイヤの線膨張係数は24 ppm / °Cであり、熱膨張係数差が非常に大きいため、運転時に生じる急激な温度変化の繰り返しによって大きな熱ストレスが発生する。パワー半導体モジュールにおいて問題となるのは、このような急激で高頻度な温度変化の繰り返しによって生じる熱ストレスである。

【0006】これは、大容量のモジュールになるほど重大な問題となってくる。また、電鉄や鉄鋼分野で使用されるような大容量モジュールでは、このような過酷な使用環境で、20年から30年という長期寿命が要求される。そのため、パワー半導体モジュールでは、IGBTに断続的に大電流を通電することによって、非常に高速で温度変化させ、しかも非常に多くの回数を繰り返し行う通称「パワーサイクル試験」と呼ばれる、ヒートショックサイクル試験をクリアすることが要求される。このことは、文献（タイトル：RELIABILITY TESTING AND ANALYSIS OF IGBT POWERMODULES、著者：Peter Jacob, Marcel Held, Paolo Scacco, Wuchen Wu、出典：IEEE Colloquium on "IGBT propulsion drives" 25 April, 1995）にも示されているが、従来のパワー半導体モジュールにおいては、パワーサイクル試験において、 $\Delta T_j = 70^\circ\text{C}$ の条件では、8～20万回でほとんどがワイヤボンダ剥離モードで破壊していた。ここで、 ΔT_j は1サイクル中でのチップの温度変化である。

【0007】一方、熱ストレス以外の問題として、IGBTとの電氣的接続をワイヤボンダ接合で行う方式では、ワイヤの接合面積が小さいので、IGBTの主電極面（例えばエミッタ電極面）を有効に使うことができず、大容量モジュールでは、ワイヤ接合部での電流密度が非常に高くなって、接合不良を起こす危険性が高くなる。また、パワー半導体モジュールでは、モジュール製造工程において、ワイヤの接合強度を高めるため、ワイヤボンディング時の接合面への加圧力を大きくする傾向にあり、それが原因で、特にMOS系半導体チップのようにエミッタ面下に、ゲート-エミッタ間の絶縁膜が形成されている場合、ゲート-エミッタ間の絶縁不良、チップの破壊などが起こりやすく、歩留まりを低下させるなどの問題もあった。

【0008】また、大容量のパワー半導体モジュールにおいて、従来から採用されている圧接法によって電氣的接続を行う方式では、加圧力の変動がモジュールの電気特性に大きな影響を与えるため、メンテナンス性に問題があり、また、この圧接型素子を使ったインバータ等の

電力変換装置はスタック構造等の大掛かりな装置になるという問題点もあった。本発明は、上記のような課題を解消するためになされたものであり、特に、パワー半導体モジュールに強く要求される電氣的接続の長期信頼性を得ることを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明に係るパワー半導体モジュールは、絶縁基板上に装着されたIGBT及び金属平板によって形成され、上記IGBTの電極部と対向する電極対向部と、この電極対向部から折曲されて延在する立ち上げ部と、この立ち上げ部に連なる導出部とを有する配線部材を備えたパワー半導体モジュールにおいて、上記IGBTの電極部と、上記配線部材の電極対向部とを導電性樹脂によって接続するようにしたものである。

【0010】本発明に係るパワー半導体モジュールは、また、配線部材が、電極対向部と立ち上げ部と導出部とによってほぼコ字状をなすように折曲されているものである。

【0011】本発明に係るパワー半導体モジュールは、また、配線部材における電極対向部と立ち上げ部とのなす角が鈍角となるように折曲されているものである。

【0012】本発明に係るパワー半導体モジュールは、また、配線部材の立ち上げ部または導出部に応力緩和部を形成するようにしたものである。

【0013】本発明に係るパワー半導体モジュールは、また、応力緩和部が、配線部材の一部を波状に折曲して形成されているものである。

【0014】本発明に係るパワー半導体モジュールは、また、配線部材が、IGBTの電極部近傍において複数の金属平板を重ねて構成されると共に、重合された金属平板の少なくとも2枚は電極対向部と立ち上げ部とを有し、それぞれの立ち上げ部を互いに重合して固定するようにしたものである。

【0015】本発明に係るパワー半導体モジュールは、また、配線部材の電極対向部に、その端部から折曲部に至る切り込みを所定間隔で複数個設けると共に、上記切り込みによって形成された複数個の短冊状電極対向部が互い違いに逆方向に延在するように折曲されているものである。

【0016】本発明に係るパワー半導体モジュールは、また、配線部材の電極対向部をIGBTの電極部に押圧する押圧手段を備えたものである。

【0017】

【発明の実施の形態】実施の形態1. 以下、本発明の実施の形態1を図にもとづいて説明する。なお、以下の説明では、パワー半導体チップとしてIGBTを用いたパワー半導体モジュールを例に挙げて説明する。図1は本発明の実施の形態1によるパワー半導体モジュールの概略構造を示す断面図である。図1において、1はAlやCuなどからなる放熱用ベース板、2は両面にCu等の金属薄板

(図示せず)が接着されたアルミナ、AlN等のセラミックスからなる絶縁基板で、放熱用ベース板1の上面に、金属の薄板部分をはんだ付することにより固定される。3は絶縁基板2上に接着された金属薄板に装着されたIGBT、4はIGBTの上面に形成されたエミッタ電極、5は同じくIGBTの下面に形成されたコレクタ電極で、絶縁基板2上の金属薄板に、はんだ付等により電氣的に接続される。

【0018】コレクタ電極5と絶縁基板2上の金属薄板との電氣的接続部では、IGBT3と絶縁基板2との線膨張係数差は小さいので(金属薄板の熱膨張は絶縁基板の影響を受けるため、その線膨張係数は絶縁基板の線膨張係数に近い値となる)、はんだのように硬い材料であっても、熱ストレスによるクラックは生じにくい。6は、エミッタ側ブスバーで、CuやAlのような高導電性金属材料からなる1mm以上の幅の平板状の配線部材であり、IGBT3のエミッタ電極4に対向する電極対向部6Aと、この電極対向部から上方に折曲されて延在する立ち上げ部6Bと、この立ち上げ部に連なる導出部6Cとから構成され、導出部6Cはパワー半導体モジュールの外面に露出している外部接続端子(図示せず)に接続されている。外部接続端子は、パワー半導体モジュールをインバータ装置等におけるスイッチング素子として用いる場合、コンデンサ等との間で回路を構成する際の電氣的接続のための端子である。また、エミッタ側ブスバー6は、ニッケル等でメッキされていてもよい。

【0019】12は、エミッタ側ブスバー6の電極対向部6AとIGBT3のエミッタ電極4とを接続する導電性樹脂で、その詳細については後述する。また、11はモジュール内に注入されたシリコンゲルである。上述の導電性樹脂12は、はんだ等の接合用導電性材料に比べて弾性率が低いため、通常は熱ストレス緩衝用材料として使用されている。また、導電性樹脂は金属に比べれば体積抵抗率が非常に大きいため、大電流の通電を行う用途には使用できないというのが、一般的な認識となっている。例えば配電系統への導電性樹脂の導入は、導電性樹脂部でのジュール損失が致命的な欠陥であり、現実的ではない。しかし、半導体による電力変換装置では、パワー半導体モジュール自身の通電時のON電圧が数Vと大きく、非常に大きな発熱を生じる。従って、パワー半導体モジュール内の電氣的接続部としては、他の重電分野におけるような、低抵抗、低損失は必要でなく、IGBTのON電圧、発生損失に比べて十分無視できる程度であれば、導電性樹脂による電氣的接続を用いることができる。

【0020】即ち、パワー半導体モジュールにおける電氣的接続部の満たすべき最も重要な条件は次の2つである。

(1) モータ駆動電流のような大電流を通電する能力を有し、かつ通電時での電氣的接続部における発生電圧および発生損失が、IGBTのそれらに比べて十分小さいこと。

(2) IGBTの発熱に起因する、急激で高頻度な温度変化の繰り返しによる熱ストレスに対して、上記(1)の条件を長期にわたって満足すること。パワー半導体モジュールでは、数十A/cm²以上の電流密度で通電する必要が生じる場合があるが、導電性樹脂をこのような大電流通電部に適用した例はこれまでにない。そこで我々は、導電性樹脂のパワー半導体モジュールにおける電氣的接続部への適用の可能性を検討するため、大電流通電試験やパワーサイクル試験等のヒートショックサイクル試験を実施し、導電性樹脂がパワー半導体モジュールの電氣的接続に十分適用できることを見出した。本発明は、これら数多くの実験結果より得られた知見のもとになされたものである。

【0021】ここで用いられる導電性樹脂としては、例えばマトリクス材料としてエポキシ樹脂、充填材として銀を用いたものであるが、マトリクス材、充填材ともにこれに限定されない。エポキシ樹脂以外のマトリクス材としては、例えばフェノール樹脂、ポリイミド樹脂、シリコーン樹脂等が使用でき、銀以外の充填材としては、例えば金、銅、ニッケル、カーボン等が使用できる。ただし、一般に導電性樹脂は、体積抵抗率を小さくするために、充填材を多くすると、弾性率が大きくなって、しかも脆くなる傾向にあり、逆に弾性率を低くするために充填材を少なくすると、体積抵抗率が大きくなってしまふ。従って、マトリクス材料に対する充填材の含有率は、体積抵抗率と弾性率のトレードオフにより決定される。例えば、マトリクス材料がエポキシ樹脂で、充填材が銀の場合、銀の含有率は70～95wt%が適当であり、導電率を最大にする最適含有率は80～90wt%である。このような構成の導電性樹脂を用いて接続すると、接続した部材間の熱膨張係数の差が大きいとしても、導電性樹脂の弾性率が低いため、発生する熱ストレスは小さくなり、接続部材の剥離や導電性樹脂にクラックがはいることを防止することができる。

【0022】また、本実施の形態におけるエミッタ側ブスバー6は金属平板であるため、IGBT3のエミッタ電極4との接合面積は、大容量のチップでは100mm²程度、あるいはそれ以上を確保することができる。図15に示す従来のAlワイヤボンドによる場合は、数100μm程度の径のAlワイヤが、IGBTのエミッタ電極に数本～10本程度ボンディングされ、それによる全接合面積は数mm²程度であるため、本実施の形態によれば、Alワイヤボンドに比べて大幅に電流密度を低減することができ、局所的発熱が回避され、熱ストレスが低減されると共に、接合面積の増大により熱ストレスに対する耐量も向上する。

【0023】実施の形態2。次に本発明の実施の形態2を図にもとづいて説明する。エミッタ側ブスバーとIGBTのエミッタ電極との電氣接続部に熱ストレスを生じさせる原因には、実施の形態1で述べたようにIGBTのエミッタ電極とエミッタ側ブスバーとの線膨張係数の差による

ものの他に、パワー半導体モジュールの動作中において、モジュール内部の各種の材料からなる部材の温度差や線膨張率の差により膨張差が生じて、それが原因でIGBTのエミッタ電極とエミッタ側ブスバーとの電気接続部に熱ストレスを生じさせるものがある。本実施の形態2は、実施の形態1で述べたIGBTのエミッタ電極とエミッタ側ブスバーとの線膨張率の差が原因で生じる熱ストレスを低減すると共に、更に上記の、モジュール内部の各種の材料からなる部材の温度差や線膨張率の差による各部の膨張差が原因で、IGBTのエミッタ電極とエミッタ側ブスバーとの電気接続部に生じる熱ストレスをも低減し、導電性樹脂による接続を一層効果的にすることができものである。

【0024】図2は本発明の実施の形態2によるパワー半導体モジュールの概略構造を示す断面図である。図中、図1と同一または相当部分には同一符号を付して説明を省略する。図2において、1Aは放熱用ベース板1の下面に密着して配設されたヒートシンクで、内部に水等の冷媒が供給される流路1Bが設けられ、放熱用ベース板1を冷却するものである。なお、ヒートシンク1Aは図示の構成に限定されるものではなく、風冷式、蒸発器式など放熱装置として機能するものであればよい。また、ヒートシンク1Aを設けることなく、放熱用ベース板1自体に冷媒流路を内蔵させてもよい。6はエミッタ側ブスバーで、図1に示したものと同様に、IGBT3のエミッタ電極4に導電性樹脂12によって接合される電極対向部6Aと、この電極対向部6Aから上方に折曲されて延在する立ち上げ部6Bと、この立ち上げ部6Bに連なる導出部6Cとを有するが、電極対向部6Aと立ち上げ部6Bと導出部6Cとが図示のようにほぼコ字状をなすように折曲されている点で図1のものと相違する。

【0025】次に本実施の形態2の作用について説明する。IGBT3で発生した熱は、絶縁基板2を通して熱伝導し、放熱用ベース板1及びヒートシンク1Aを経て放熱されるが、この熱伝導経路の熱抵抗のため、パワー半導体モジュールの動作中にIGBT3と放熱用ベース板1との間には30℃～80℃程度の温度差が生ずる。従って、IGBT3に導電性樹脂12で直接接合されているエミッタ側ブスバー6と放熱用ベース板1との間にも30℃～80℃程度の温度差が生ずる。放熱用ベース板1やエミッタ側ブスバー6は、熱伝導率や導電率が高いこと、低価格であること、加工し易いこと等を考慮して、いずれもCuが使われることが多く、従って両者間の温度差による熱膨張差が生じる。即ち、エミッタ側ブスバー6の方が放熱用ベース板1よりも熱膨張が大きくなるが、エミッタ側ブスバー6は、その外部接続端子に向かってほぼコ字状をなすように折曲されているため、エミッタ側ブスバー6の膨張が放熱用ベース板1の膨張より大きくなった場合には、エミッタ側ブスバー6の電極対向部6Aと立ち上げ部6Bとの間の折曲部であるA部に、図2にお

いて下向きの力、即ち導電性樹脂12を介してIGBT3のエミッタ電極4を押さえつける方向の力が作用し、エミッタ側ブスバー6をIGBT3のエミッタ電極4から剥離する方向の力は作用しない。従って、パワー半導体モジュール運転時の高頻度の温度変化の繰り返しに対しても、導電性樹脂12による接合面の剥離は生じにくく、長期的信頼性の高いモジュールが得られる。

【0026】なお、図2では、エミッタ側ブスバー6の電極対向部6Aと立ち上げ部6Bとはほぼ直角に曲げられているが、必ずしも直角に曲げる必要はなく、図3に示すように、電極対向部6Aと立ち上げ部6Bとのなす角 θ が鋭角となるようにしてもよく、また、図4に示すように、上記の角 θ が鈍角となるようにしてもよい。いずれの場合にも θ がほぼ直角の場合と同様な効果が得られる。

【0027】実施の形態3、次に本発明の実施の形態3を図にもとづいて説明する。図5は、本発明の実施の形態3によるパワー半導体モジュールの概略構造を示す断面図である。図中、図1と同一または相当部分には同一符号を付して説明を省略する。本実施の形態3は、上述した実施の形態2の効果を一段と増強しようとするもので、図5に示すように、エミッタ側ブスバー6の導出部6Cに波状の折曲部6Dを形成して応力を緩和するようにしたものである。

【0028】このような構成とすることにより、波状の折曲部6Dが放熱用ベース板1との間の熱膨張差を吸収し、上述の熱ストレスを一層低減することができる。これにより、パワー半導体モジュール運転時の高頻度の温度変化の繰り返しに対しても、導電性樹脂12によるエミッタ側ブスバー6とIGBT3のエミッタ電極4との接合面の長期信頼性を高くすることができる。

【0029】なお、図5に示すエミッタ側ブスバー6の波状折曲部6Dは2回の折り曲げ構造となっているが、折り曲げ回数は1回でも、あるいは3回以上でもよい。また、図6に示すように、滑らかな波状の折曲部6Eとしてもよく、更に、図7に示すように円弧状の折曲部6Fとしてもよい。また、応力を緩和するための波状の折曲部は、図8の6Gに示すように、エミッタ側ブスバー6の立ち上げ部6Bに形成しても、放熱用ベース板1との間の熱膨張差を吸収して、図5～図7に示すものと同等の効果を得ることができる。

【0030】実施の形態4、次に本発明の実施の形態4を図にもとづいて説明する。図9は本発明の実施の形態4によるパワー半導体モジュールの概略構造を示す断面図である。図中、図1と同一または相当部分には同一符号を付して説明を省略する。本実施の形態4は、図9に示すように、エミッタ側ブスバー6の電極対向部6Aと立ち上げ部6Bとのなす角 θ が鈍角となるように折曲したものである。

【0031】エミッタ側ブスバー6をこのような折り曲

げ構造にすると、エミッタ側ブスバー6が放熱用ベース板1よりも熱膨張が大きくなった場合、電極対向部6Aと立ち上げ部6Bとの折曲部であるA部には、図において下向きの力、即ち導電性樹脂12を介してIGBT3のエミッタ電極4を押さえつける方向の力が作用し、エミッタ側ブスバー6がIGBT3のエミッタ電極4から剥離されるのを防ぐことができる。従って、パワー半導体モジュール運転時の高頻度の温度変化の繰り返しに対しても、導電性樹脂12によるエミッタ側ブスバー6とIGBT3のエミッタ電極4との接合面の剥離が生じにくく、長期的信頼性の高いモジュールが得られる。なお、図9ではエミッタ側ブスバー6の電極対向部6Aと立ち上げ部6Bとの折曲部が角を形成する形になっているが、湾曲させてもよい。

【0032】実施の形態5. 次に本発明の実施の形態5を図にもとづいて説明する。図10は、本発明の実施の形態5によるパワー半導体モジュールの概略構造を示す断面図である。図中、図1と同一または相当部分には同一符号を付して説明を省略する。図10において、エミッタ側ブスバー6は図1に示すエミッタ側ブスバーと同構成のものであるが、電極対向部6Aが図1のものより短く形成されている。6Hは補助エミッタ側ブスバーで、エミッタ側ブスバー6と同材料の金属平板で形成され、電極対向部6HAと立ち上げ部6HBとを有すると共に、立ち上げ部6HBがエミッタ側ブスバー6の立ち上げ部6Bと重合して接合され、電極対向部6HAがエミッタ側ブスバー6の電極対向部6Aと同一面となるようにされている。また、2つの電極対向部6A及び6HAは、導電性樹脂12によりIGBT3のエミッタ電極4に接合されている。

【0033】このような構成とすることにより、エミッタ側ブスバー6が放熱用ベース板1よりも熱膨張が大きくなっても、その立ち上げ部6Bに重合された補助エミッタ側ブスバー6Hによって、エミッタ側ブスバー6のエミッタ電極4からの剥離を防ぐことができる。従って、パワー半導体モジュール運転時の高頻度の温度変化の繰り返しに対しても、長期的信頼性の高いモジュールが得られる。なお、図10では補助エミッタ側ブスバー6Hは1枚で、エミッタ側ブスバー6の片側に重合して張り付けてあるが、図11に示すように、エミッタ側ブスバー6の立ち上げ部6Bを挟んで両側に補助エミッタ側ブスバー6H及び6Jを張り付けてもよい。また、図11では片側の補助エミッタ側ブスバー6Hまたは6Jはそれぞれ1枚ずつであるが、それぞれの補助エミッタ側ブスバー6Hまたは6Jを複数枚で構成してもよい。

【0034】実施の形態6. 次に本発明の実施の形態6を図にもとづいて説明する。図12は、本発明の実施の形態6によるパワー半導体モジュールの概略構造を示す斜視図である。図中、図1と同一または相当部分には同一符号を付して説明を省略する。本実施の形態6では、

エミッタ側ブスバー6の電極対向部6Aは、その端部から折曲部に至る切り込みを所定間隔で複数個設けると共に、切り込みによって形成された複数個の短冊状電極対向部を互い違いに逆方向に延在するように折曲して、一方の側に延在する短冊状電極対向部6AAと他方の側に延在する短冊状電極対向部6ABとを形成している。また、上記両短冊状電極対向部6AA及び6ABは共に、導電性樹脂12によりIGBT3のエミッタ電極4に接合されている。

10 【0035】このような構成とすることにより、パワー半導体モジュール運転時の高頻度の温度変化の繰り返しによりエミッタ側ブスバー6が放熱用ベース板1よりも熱膨張で大きく伸びることが繰り返されても、導電性樹脂12によるエミッタ側ブスバー6とIGBT3のエミッタ電極4との接合面の剥離は生じにくく、長期的信頼性の高いモジュールが得られる。

20 【0036】実施の形態7. 次に本発明の実施の形態7を図にもとづいて説明する。図13は、本発明の実施の形態7によるパワー半導体モジュールの概略構造を示す断面図である。図中、図1と同一または相当部分には同一符号を付して説明を省略する。図13において、20は絶縁基板2の周縁部で放熱用ベース板1上に設けられた支柱、21は支柱20の上端に張架された梁、19はエミッタ側ブスバー6の電極対向部6A上に設けられた押さえで、絶縁材または非絶縁材で形成されている。非絶縁材の場合には、エミッタ側ブスバー6の電極対向部6Aとの間に電氣的な絶縁部分を設ける必要がある。18はばね等の押圧装置で、梁21と押さえ19との間に設けられ、押さえ19を介してエミッタ側ブスバー6の電極対向部6AをIGBT3のエミッタ電極4に押圧する。

30 【0037】このような押圧構造とすることにより、パワー半導体モジュールにおける電氣的接続部の電氣的性能、長期信頼性を向上させることができる。これは、導電性樹脂12が加圧されることにより、樹脂内の導電性粒子同士の接触がよくなり、体積抵抗率が低下し、かつ導電性樹脂12とIGBT3やエミッタ側ブスバー6などの配線部材との接触抵抗が低下すること、更に導電性樹脂12とIGBT3及びエミッタ側ブスバー6などの配線部材との界面の密着性が良くなり、接続信頼性が向上することによる。こうした効果は導電性樹脂12の弾性率が小さいほど効果がある。なお、押圧装置18は、ばねに限定されるものではなく、ゴムやスポンジでもよい。また、支柱20や梁21を設けずにモジュールのケースに直接ばねを取り付けてもよい。図14は、図2の構造のものに押圧装置を適用した状態を示す斜視図である。図13と同一または相当部分には同一符号を付して説明を省略する。なお、支柱20と梁21は図示されていないが、図13と同構成のものが設けられるもので、このような押圧構造においても図13の場合と同様に、導電性樹脂12を加圧することによる効果が期待できる。

【0038】以上、各実施の形態について説明したように、本発明は、IGBTの電極部とパワー半導体モジュールにおける配線部材との電気接続部を導電性樹脂によって接合することを特徴とするものであるが、導電性樹脂による接合は、上記の特徴を前提として絶縁基板上の金属電極とブスバー、あるいはブスバー同士の接続など、パワー半導体モジュール内部の他の電氣的接続部にも適用可能であることは云うまでもない。また、パワー半導体チップとしては、IGBTの他に、バイポーラトランジスタ、MOS-FET、ダイオードなどのいわゆるパワー半導体と称されるものが対象となることは云うまでもない。

【0039】

【発明の効果】本発明は、以上説明したように構成されているため、以下に示すような効果を奏する。

【0040】本発明のパワー半導体モジュールは、絶縁基板上に装着されたIGBT及び金属平板によって形成され、上記IGBTの電極部と対向する電極対向部と、この電極対向部から折曲されて延在する立ち上げ部と、この立ち上げ部に連なる導出部とを有する配線部材を備えたパワー半導体モジュールにおいて、上記IGBTの電極部と、上記配線部材の電極対向部とを導電性樹脂によって接続するようにしたため、電流密度を低減することができ、局所的発熱が回避され、熱ストレスが低減されると共に、配線部材の剥離を防止することができる。

【0041】本発明のパワー半導体モジュールは、また、配線部材を、電極対向部と立ち上げ部と導出部とによってほぼコ字状をなすように折曲しているため、配線部材の熱膨張が大きくなった場合に、配線部材をIGBTの電極に押しつける方向の力が作用し、パワー半導体モジュール運転時の高頻度の温度変化の繰り返しに対しても配線部材の剥離を防止して、長期的信頼性の高いモジュールが得られるものである。

【0042】本発明のパワー半導体モジュールは、更に、配線部材の電極対向部と立ち上げ部とのなす角が鈍角となるように折曲されているため、配線部材の熱膨張が大きくなった場合に、上述と同様の配線部材をIGBTの電極に押しつける方向の力が作用し、配線部材の剥離を防止することができるものである。

【0043】本発明のパワー半導体モジュールは、また、配線部材の立ち上げ部または導出部に、応力緩和部を形成するようにしたため、配線部材とIGBT側との熱膨張差を吸収して熱ストレスを低減することができ、配線部材とIGBTの電極との接合面の長期的信頼性を高くすることができる。

【0044】本発明のパワー半導体モジュールは、また、配線部材を、IGBTの電極部近傍において複数の金属平板を重ねて構成すると共に、重合された金属平板の少なくとも2枚は電極対向部と立ち上げ部とを有し、それぞれの立ち上げ部を互いに重合して固定するようにしたため、配線部材の熱膨張が大きくなっても、重合され

た補助の配線部材によって剥離を防止することができる。

【0045】本発明のパワー半導体モジュールは、また、配線部材の電極対向部に、その端部から折曲部に至る切り込みを所定間隔で複数個設けると共に、上記切り込みによって形成された複数個の短冊状電極対向部が互い違いに逆方向に延在するように折曲されているため、複数個の短冊状電極対向部による接合で、剥離を効果的に防止し得るものである。

【0046】本発明のパワー半導体モジュールは、また、配線部材の電極対向部をIGBTの電極部に押圧する押圧手段を備えたため、導電性樹脂の粒子同士の接触がよくなると共に、配線部材とIGBTの電極との密着性がよくなり、接続信頼性が向上するものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の実施の形態1によるパワー半導体モジュールの概略構造を示す断面図である。

【図2】 本発明の実施の形態2によるパワー半導体モジュールの概略構造を示す断面図である。

【図3】 本発明の実施の形態2によるパワー半導体モジュールの他の例を示す概略断面図である。

【図4】 本発明の実施の形態2によるパワー半導体モジュールの更に他の例を示す概略断面図である。

【図5】 本発明の実施の形態3によるパワー半導体モジュールの概略構造を示す断面図である。

【図6】 本発明の実施の形態3によるパワー半導体モジュールの他の例を示す概略断面図である。

【図7】 本発明の実施の形態3によるパワー半導体モジュールの更に他の例を示す概略断面図である。

【図8】 本発明の実施の形態3によるパワー半導体モジュールの更に他の例を示す概略断面図である。

【図9】 本発明の実施の形態4によるパワー半導体モジュールの概略構造を示す断面図である。

【図10】 本発明の実施の形態5によるパワー半導体モジュールの概略構造を示す断面図である。

【図11】 本発明の実施の形態5によるパワー半導体モジュールの他の例を示す概略断面図である。

【図12】 本発明の実施の形態6によるパワー半導体モジュールの概略構造を示す斜視図である。

【図13】 本発明の実施の形態7によるパワー半導体モジュールの概略構造を示す断面図である。

【図14】 本発明の実施の形態7によるパワー半導体モジュールの他の例を示す概略構造の斜視図である。

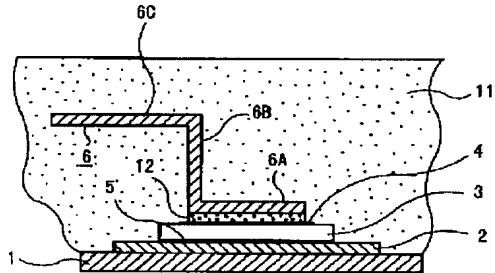
【図15】 従来のパワー半導体モジュールの概略構造を示す断面図である。

【符号の説明】

1 放熱用ベース板、2 絶縁基板、3 パワー半導体チップ、4 エミッタ電極、5 コレクタ電極、6 エミッタ側ブスバー、6A 電極対向部、6B 立ち上げ部、6C 導出部、6D、6E、6F、6G 波状の折

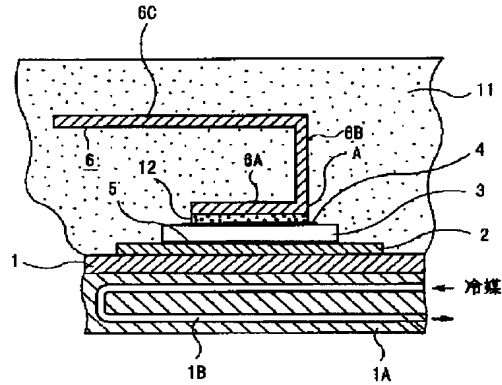
曲部、6H、6J 補助エミッタ側ブスバー、6AA、* 導電性樹脂、18 ばね、19 押さえ、20 支
6AB 短冊状電極対向部、11 シリコンゲル、12* 柱、21 梁。

【図1】



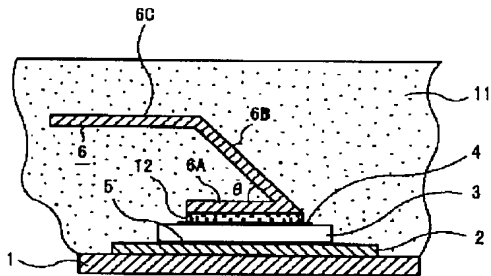
- | | |
|--------------|------------|
| 1: 放熱用ベース板 | 6A: 電極対向部 |
| 2: 絶縁基板 | 6B: 立ち上げ部 |
| 3: パワー半導体チップ | 6C: 導出部 |
| 4: エミッタ電極 | 11: シリコンゲル |
| 5: コレクタ電極 | 12: 導電性樹脂 |
| 6: エミッタ側ブスバー | |

【図2】

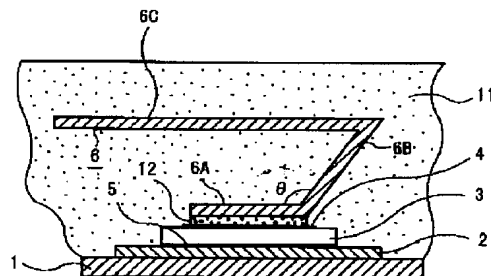


- | |
|------------|
| 1A: ヒートシンク |
| 1B: 冷媒流路 |

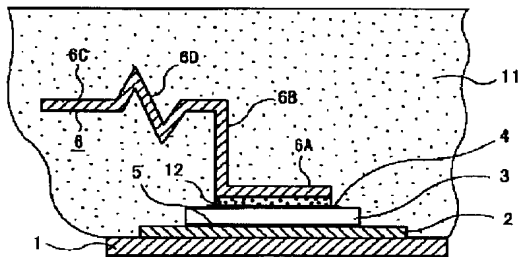
【図3】



【図4】

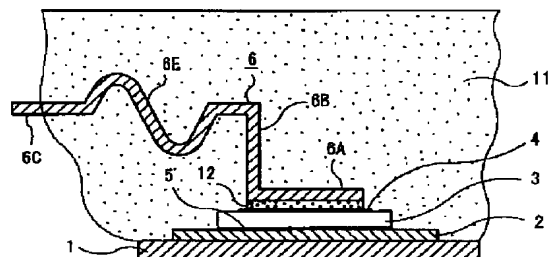


【図5】



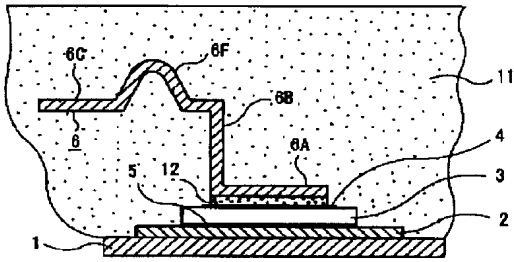
- | |
|------------|
| 6D: 波状の折曲部 |
|------------|

【図6】



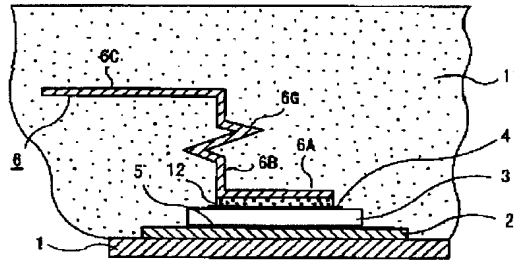
- | |
|------------|
| 6E: 波状の折曲部 |
|------------|

【図7】



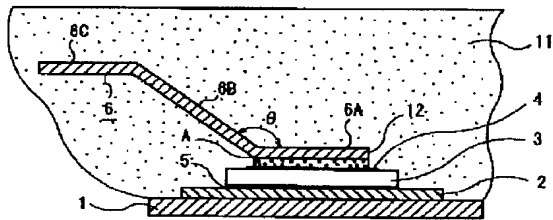
6F: 波状の(円弧状)折曲部

【図8】

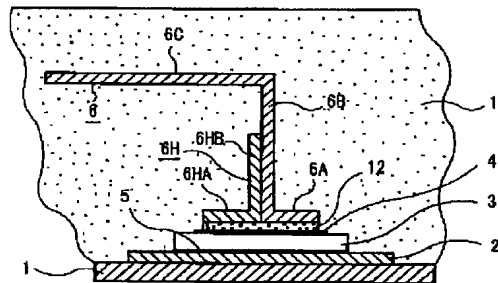


6G: 波状の折曲部

【図9】

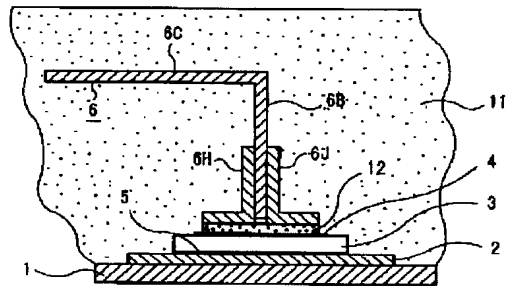


【図10】



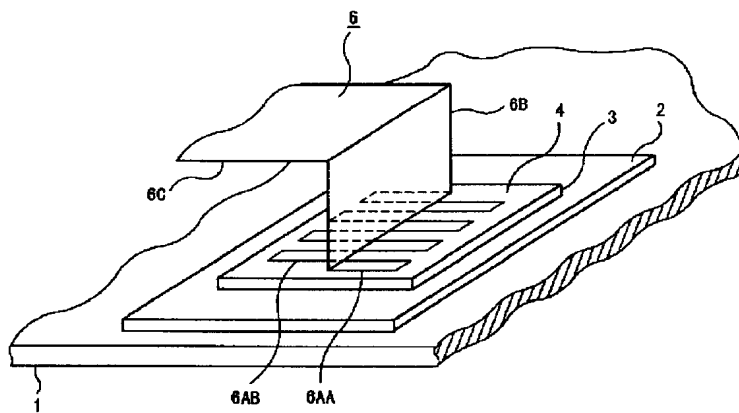
6H: 補助エミッタ側ブスバー
6HA: 電極対向部
6HB: 立ち上げ部

【図11】



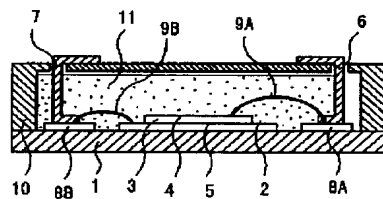
6H, 6J: 補助エミッタ側ブスバー

【図12】

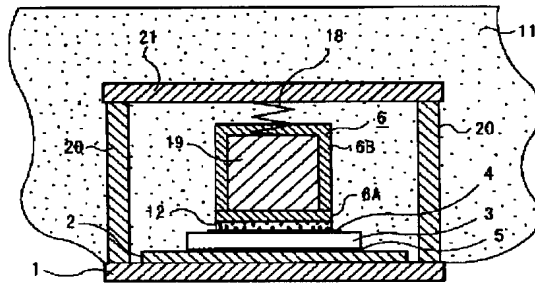


6AA, 6AB: 短冊状電極対向部

【図15】

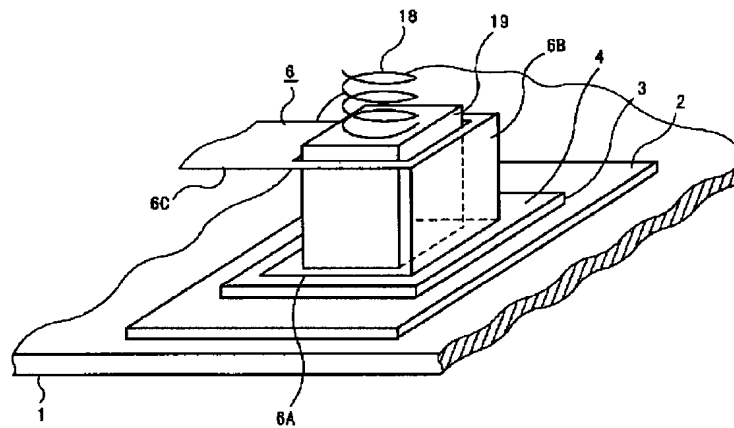


【図13】



18:ばね
19:押さえ
20:支柱
21:梁

【図14】



フロントページの続き

(72)発明者 大井 健史
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三
菱電機株式会社内
(72)発明者 木ノ内 伸一
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三
菱電機株式会社内
(72)発明者 碓井 修
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三
菱電機株式会社内

(72)発明者 堀口 剛司
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三
菱電機株式会社内
(72)発明者 菊池 巧
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三
菱電機株式会社内
(72)発明者 上貝 康己
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三
菱電機株式会社内
(72)発明者 高橋 貢
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三
菱電機株式会社内